

若材齢コンクリートのクリープモデルに関する一考察

名古屋工業大学大学院 正会員 入矢桂史郎

名古屋工業大学大学院 学生員 服部 達也

名古屋工業大学 教授 正会員 梅原 秀哲

1 はじめに

マスコンクリートにおけるセメントの水和熱による温度ひび割れの対策を検討する上で、温度応力解析による予測は重要な位置づけにある。しかし、温度応力解析は、若材齢の物性値が変化する過程を取り扱いかつ応力が圧縮から引張へと変化する事などから正確な予測は難しく、精度向上に関して多くの研究が実施されている。温度応力の予測を複雑にしているものの一つに若材齢時のクリープ現象がある。筆者らは、若材齢のクリープ現象の要因とその影響評価に基づいたクリープモデルの構築に取り組み、圧縮クリープモデル¹⁾と引張クリープモデル²⁾を提案した。本研究では、これらのクリープモデルが実際の温度応力状態に適用が可能かどうかを検討するために、圧縮から引張に変化する応力状態でクリープ試験を行い、試験結果とクリープモデルによる解析値との比較を行った。また、クリープモデルによる重ね合わせの法則の適用性についても考察を加えた。

2 使用材料と配合

実験に使用したコンクリートの配合を表-1に示す。コンクリートは、28日の圧縮強度で30N/mm²程度のもを使用した。

表-1 コンクリートの配合

目標強度 (N/mm ²)	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
					W	C	S	G	AD
400	8.0	4.0	55.0	44.6	172	313	787	1015	1.188

3 クリープ試験

クリープ試験には、てこ比1:50のてこ式のクリープ試験機を用いた。¹⁾ 供試体は、φ10cm×h20cmの円柱供試体を使用し、水分の逸散を防ぐために表面に厚さ1mmのアルミテープを巻きつけた。クリープ試験は、任意の温度と湿度が制御できるボックスの中で、温度条件をパラメータとして湿度100%で試験を行った。さらに、自己収縮等のクリープ以外の収縮を補正するために、まったく同じ条件で作製した無載荷供試体をボックス内に静置して、ひずみを測定し、クリープ試験結果を補正した。クリープ試験における温度と荷重の条件を図-1に示す。載荷方法は圧縮～除荷～引張とし、引張応力を2種類変化させた。

4 クリープモデル

1) クリープ関数

解析に用いた圧縮クリープ関数と引張クリープ関数を以下に示す。

圧縮クリープ関数¹⁾を以下に示す。

$$\varepsilon_{cr} = F_{S/S}(S/S, \tau) F_L(\tau) \{28.502(1 - e^{-206.08\tau e}) + 47.442(1 - e^{-1.747\tau e}) + 9.144\tau e\} \quad (1)$$

ε_{cr} : 圧縮クリープひずみ S/S : 応力強度比(%)

τ : 載荷材齢(日) τ_e : 載荷期間(有効材齢 日)

$F_{S/S}(S/S, \tau)$: 応力強度比に関する補正関数(式(2))

$F_L(\tau)$: 載荷材齢に関する補正関数(式(3))

$$F_{S/S}(S/S, \tau) = C(\tau) S/S \quad (0 \leq S/S \leq 20)$$

$$F_{S/S}(S/S, \tau) = D(\tau) e^{0.04S/S} \quad (20 \leq S/S)$$

$$C(\tau) = 0.0143\tau + 0.0072 \quad (1 \leq \tau \leq 3)$$

$$D(\tau) = 0.128\tau + 0.070 \quad (1 \leq \tau \leq 3)$$

$$C(\tau) = 0.050 \quad (3 \leq \tau \leq 5)$$

$$D(\tau) = 0.45 \quad (3 \leq \tau \leq 5)$$

(2)

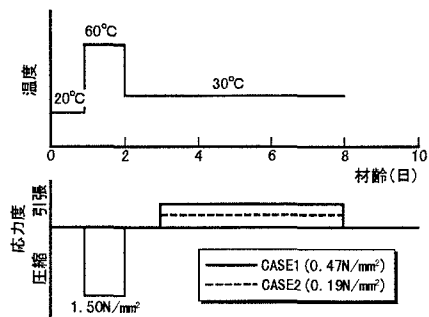


図-1 温度・応力状態

Key Words: 温度応力 若材齢 圧縮クリープ 引張クリープ 重ね合わせ

〒466 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学社会開発工学科 Tel.052 735 5502 Fax 052 735 5503

$$F_L(\tau) = 0.321 \ln(\tau) + 0.64 \quad (3)$$

引張クリープ関数²⁾について以下に示す。

$$\varepsilon'_{cr} = F'_{s/s}(S/S) \{ 1.335(1 - e^{-26.271t}) + 5.003(1 - e^{-1.153t}) + 2.364t \} \quad (4)$$

ε'_{cr} : 引張クリープひずみ t : 載荷期間 (日)

$F'_{s/s}(S/S)$: 応力強度比に関する補正関数(式(5))

$$F'_{s/s}(S/S) = 0.0005(S/S)^2 + 0.0044S \quad (\text{ただし 温度は } 30^\circ\text{C}) \quad (5)$$

2) 重ねあわせの方法

重ね合わせの方法は、温度応力解析で通常行われている方法として、各応力増分についてクリープひずみを算出し、各材齢ごとに積分することにより行った。例えば、圧縮応力載荷後の除荷の過程では、その除荷応力に等しい引張応力に対するクリープひずみを算出し、除荷材齢から重ね合わせることにした。

5 実測値との比較

図-2～3に2種類の載荷条件でのクリープひずみの実験結果と、提案したクリープモデルに基づき解析した結果を比較して示す。圧縮応力載荷部分と引張応力載荷部分については、実測値と解析値は良い対応を示している。これは、クリープ関数の適用性が良いことを示すとともに、引張クリープにおける先行応力の影響は重ね合わせ則を適用することにより考慮できることを示している。しかしながら、圧縮状態での除荷部分を引張応力が載荷したとして重ね合わせた解析値はクリープひずみを過大評価する結果となった。全体の応力が圧縮状態あるいは引張状態で、応力増分も同じ方向の応力である場合（応力が増加する過程）は、クリープひずみの重ね合わせは可能であるが、応力が減少するような過程では、重ね合わせ則は適用できないことを示している。この部分には別の関数が必要であるが、重ね合わせる引張クリープひずみを低減するという方法でこの部分の関数を求めてみると、50%の低減率を乗じて重ね合わせた結果が実測値は、良い対応を示した。その結果を図-4に示す。応力が減少する過程では、重ね合わせ則を適用するならば低減係数を乗じる等の別のモデルが必要と考えられる。

6 まとめ

本研究をまとめると次のようになる。

- 1) 応力が増加する過程では変化する応力に対して、応力増分によるクリープひずみを重ね合わせるることによってクリープひずみの変化を予測できる。
- 2) 応力が減少する過程において、重ね合わせ則は適用できない。本実験の範囲では、応力増分によるクリープひずみの50%を重ね合わせるにより実測値と解析値は良い対応を示した。
- 3) クリープひずみにおける先行応力の影響については、重ね合わせの法則が適用できる。

【参考文献】

- 1) 入矢、平本、服部、梅原：若材齢コンクリートの圧縮クリープに関する研究：土木学会論文集V部門投稿中
- 2) 平本、入矢、グプタ、梅原：若材齢コンクリートのクリープの材齢および載荷応力依存性：コンクリート工学年次論文報告集 Vol.19, 1997

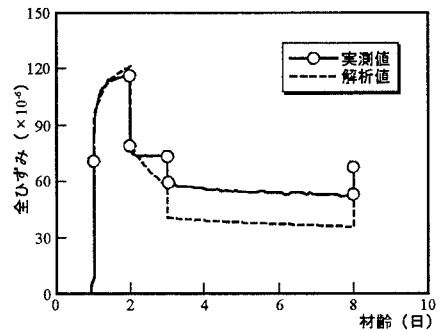


図-2 実験結果と解析結果の比較
(CASE1)

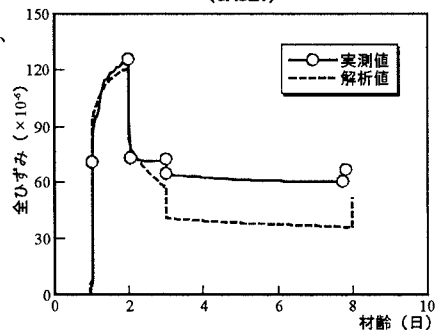


図-3 実験結果と解析結果の比較
(CASE2)

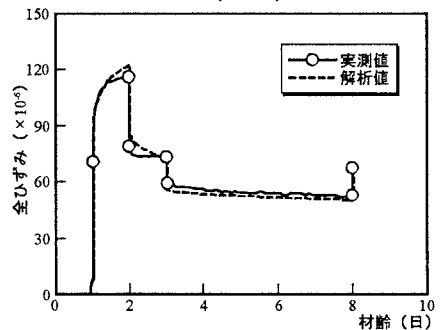


図-4 実験結果と解析結果の比較
(CASE1、低減率 50%)